

中国宽带发展白皮书

（2020 年）

中国信息通信研究院

2020年10月

版权声明

前 言

当前，我国面临百年未有之大变局和新冠肺炎疫情叠加冲击，给经济社会发展带来更大的不确定和不稳定性。加快5G、工业互联网、云计算等新型基础设施建设，夯实宽带网络底座成为我国应对复杂局面、抢占发展制高点的重要举措，为扩大有效需求，稳定产业链供应链，构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局提供关键支撑。

党中央、国务院高度重视宽带网络建设，十八大以来，先后发布实施“宽带中国”战略、网络提速降费、工业互联网指导意见等重大政策文件，为加快推进宽带网络发展提供了根本遵循。工信部扎实推进网络提速降费专项行动、电信普遍服务试点等工作，发布实施加快 5G 发展、工业互联网发展、数据中心建设布局等文件，持续优化发展环境。

在各方共同努力下，我国宽带网络实现了跨越式发展，超额完成 2020 年发展目标，网络性能、计算能力、平台建设、融合应用迈上新台阶，为带动技术进步、繁荣经济社会做出了巨大贡献。面向“十四五”，新型基础设施将加速演进重构，生态布局日趋成熟，市场活力持续释放。

中国信息通信研究院已连续三年发布《中国宽带发展白皮书》，今年恰逢“十三五”收官之年，本白皮书对“十三五”期间宽带网络发展举措和成效进行全面梳理，对宽带网络演进趋势进行研判，希望能为社会各界提供借鉴和参考。

目 录

图表目录

一、“宽带中国”战略进入收官年，“新基建”部署全面开启

作为新时期经济社会发展的战略性公共基础设施，宽带网络是我国战略部署的优先行动领域和抢占国际竞争制高点的重要举措。2013 年，国务院发布了《“宽带中国”战略及实施方案》，2015 年，国务院办公厅发布了《加快高速宽带网络建设 推进网络提速降费的指导意见》，提出了面向 2020 年宽带网络发展的战略目标和任务部署。2018 年底以来，在国内经济下行压力加大和国际博弈竞争加剧的新形势下，党中央多次做出加快 5G、数据中心、工业互联网、物联网人工智能等新型基础设施建设的重要指示，为我国“十四五”时期宽带网络发展提供了新的指引。

（一）“宽带中国”战略政策措施有效落实

1.完善制度环境

一是加强统筹协调和法律法规建设。“宽带中国”战略发布后，发改委、工信部等相关部门建立了部际协调机制，加大统筹力度，分阶段部署战略实施重点工作。地方政府因地制宜，出台相关政策将宽带发展纳入地区经济社会和城镇化发展规划，加强系统部署，推动宽带基础设施快速健康发展。全国 31 个省市均已发布具有本地特色的宽带发展战略、规划、指导意见或行动方案。**在法律法规方面，** 2017 年《网络安全法》出台，明确规定我国实行网络安全等级保护制度，并对关键信息基础设施在网络安全等级保护制度的基础上实行重点保护。建立了电信和互联网行业用户个人信息保护体系，出

台了《电信和互联网用户个人信息保护规定》、《规范互联网信息服务市场秩序若干规定》等一系列规章制度。

二是推动电信市场开放竞争。稳步推进移动通信转售工作，2013年开展移动通信转售业务试点，2018年正式商用。截至2020年6月，已有39家民营转售企业获得正式商用经营许可，累计发展超过1.5亿用户，占全国移动通信用户比重达 9%左右。**深化宽带接入网开放试点，**自 2014 年起，鼓励民间资本以多种形式参与宽带网络建设和运营，目前已在全国28个省（区、市）的228个城市开展试点，280家（次）试点民营企业累计发展用户超过800万户。**对外开放积极稳妥推进，**从上海自贸区逐步向全国自由区推广，允许外资企业经营电子商务、呼叫中心、存储转发类、国内多方通信服务等增值电信业务，外资持股比例最高可达100%。截至2020年6月，共批准外商投资电信企业266家。

三是完善网间结算体系。持续优化网间互联架构，全国骨干网直联点已增加至达13个。互联网网间结算价格连续5年下调，自今年1月起，中国电信、中国移动和中国联通下调对中国广电、中信网络的互联网骨干网网间结算费用，下调比例不低于现有标准结算价的 30%；教育网、科技网、经贸网、长城网等公益性网络与中国电信、中国移动和中国联通的互联网骨干网之间实行免费互联。自今年7月起，中国移动与中国电信、中国联通由单向结算转变为对等互联，互不结算。

2.规范建设秩序

一是落实宽带网络建设规划和规范。加强网络基础设施规划，住建部和工信部联合印发《关于加强城市通信基础设施规划的通知》，推动各地开展城市通信基础设施专项规划，并纳入城市总体规划。地方政府相继将宽带网络建设纳入各地城乡规划、土地利用总体规划。**督促落实光纤到户国家标准，**按照 2013 年发布的两项光纤到户国家标准，工信部联合住建部连续多年对执行光纤到户国家标准情况进行实地督查，建立了督办问责、通告通报等工作机制。多地出台了本地光纤到户网络建设和验收规范，许多地方政府将光纤到户验收纳入到房屋竣工验收环节，保证光纤到户强制规范的落实。

二是保障宽带网络设施建设与通行。网络设施部署方面，为解决长期限制宽带发展的基站选址难、道路通行难等问题，多个省市积极出台地方性法规和规章，要求各级政府机关及企事业单位开放屋顶天面和场所支持移动通信基站、铁塔建设，预留基站和室内分布系统所需的机房、电源、管道及天面空间，推动开放合适的公园、绿地、旅游景点等场地以及城市道路、地铁、桥梁、铁路、高速公路等公共设施，支持通信网络设施建设。**共建共享方面，**工信部、国资委每年下发当年促进三家基础电信企业深化网络基础设施共建共享的指导意见，推动网络共享共用。2014 年中国铁塔成立，通过统一部署统一建设，深化路灯杆、监控杆、电力塔、楼宇资源等社会资源共享，有效降低建设投资成本，避免重复浪费和提升资源配置效率。

3.加大财税扶持

加大西部地区宽带网络建设运营政策优惠和资金扶持。我国先

后发布《西部地区鼓励类产业目录》和《中西部地区外商投资优势产业目录》，均将西部地区宽带网络建设和运营纳入目录范围。2019 年新一代信息基础设施建设工程中，重点支持中西部地区，以中西部地区、参照执行中西部地区有关政策的地区、网络扶贫试点地区为重点，每年安排预算内资金支持农村等基础薄弱区域宽带建设，建设“百兆乡村”示范网络。

开展电信普遍服务试点。2015 年以来，工业和信息化部联合财政部组织开展了六批电信普遍服务试点，共支持约 13 万个行政村光纤建设和超过 5 万个 4G 基站建设,其中约 1/3 的任务部署在贫困村。目前全国贫困村通光纤比例从 2017 年的不足 70%提升到 98%,深度贫困地区贫困村通宽带比例从 25%提升到 98%,提前超额完成“十三五”规划要求的宽带网络覆盖 90%以上贫困村的目标,显著缩小了城乡“数字鸿沟”，改善了农民生产生活，厚植了党在边远地区执政的根基，奠定了打赢脱贫攻坚战的根基。

4.优化频谱规划

完成无线电管理“十三五”规划编制。工信部牵头研究宽带无线发展频谱需求，梳理无线频谱分布和利用情况，推动无线电管理核心内涵首次写入国家“十三五”规划。编制出台了《国家无线电管理规划(2016－2020 年)》，明确频谱综合利用的时间表和路线图，并积极推进《规划》宣贯落实，指导地方做好省级无线电技术设施建设规划。

科学优化配置无线电频率资源。一是配合 4G 牌照发放配置 LTE

混合组网频率，根据需要调整72MHz频率资源用于4G/LTE，重耕IMT相关频段。**二是**持续推动5G系统中低频段频率使用许可工作，保障基础电信运营企业在全国范围开展5G系统组网试验所需的频率资源。研究制定5G系统部分毫米波频段频率使用规划，引导5G系统毫米波产业发展。**三是**开展《无线电频率划分规定》修订工作，调整700MHz频段频率使用规划。积极协调保障适应电力、交通、民航、铁路、医疗等各行业信息化发展需要的用频需求。

（二）中央部署指明新型基础设施建设新方向

近两年来，国内外经济形势复杂多变，新型基础设施建设成为拉动投资、促进消费、稳定就业和提升综合实力的重要抓手。**党中央多次做出重要指示**，2018年12月中央经济工作会议提出，加快5G商用步伐，加强人工智能、工业互联网、物联网等新型基础设施建设。2019年中央政治局会议和中央经济工作会议指出，加快推进信息网络等新型基础设施建设，加强战略性、网络型基础设施建设。2020年2月，中央政治局会议强调要推动5G网络、工业互联网等加快发展。3月，政治局常务委员会会议进一步强调，加快5G网络、数据中心等新型基础设施建设进度。4月，习近平总书记在浙江考察时再次发表重要讲话，指出要抓住产业数字化、数字产业化赋予的机遇，加快5G网络、数据中心等新型基础设施建设，抓紧布局数字经济、生命健康、新材料等战略性新兴产业、未来产业，大力推进科技创新，着力壮大新增长点、形成发展新动能。中央一系列重要部署为我国新型基础设施建设提供了新的指引和方向，标志着新型基础设施建设进

入新一轮发展周期。

全国各地紧跟中央政策精神，出台加快新型基础设施发展的系列地方性政策文件。2020 年 5 月，**上海市**出台《上海市推进新型基础设施建设行动方案（2020-2022 年）》，将在未来三年投资 2700 亿元，实施第一批 48 个重大项目和工程包，新建 3.4 万个 5G 基站、新建 10 万个电动汽车充电桩、新增 1.5 万台以上智能配送终端等。到 2022 年底，上海市新型基础设施建设规模和创新能级要迈向国际一流水平。**江苏省**出台《关于加快新型信息基础设施建设 扩大信息消费的若干政策措施》，涉及 5G 网络建设、智能家居、智慧健康、车联网等 29 条措施，将在年底实现江苏各市县城区、重点中心镇的 5G 网络全覆盖，人们在多个公共区域都可享受免费的 5G 网络。购买 5G 终端设备享补贴，智能家居、智慧养老、智慧教育、智能出行等多种智慧场景都将快速实现。吉林、山东、广西也出台了新基建指导文件，加大各类新型基础设施投资和工程建设。

（三）经济社会转型升级激发宽带网络新需求

一是助力产业数字化转型的迫切需求。当前，我国制造业发展正面临多重压力，劳动力等成本不断上升，制造业面临高端回流、低端外迁的“双重挤压”挑战，新冠肺炎疫情的蔓延将进一步加剧全球产业链深刻调整，传统产业转型发展需求更为迫切。推进工业互联网等融合基础设施建设，将降低企业应用数字技术的成本，充分发挥数据作为生产要素的重要作用，构建数据驱动的数字经济创新体系和新型生产范式，实现产业高端化发展，增强全球竞争优势，为我国在新一轮

全球产业分工调整中赢得有利位置。例如，工业互联网应用到钢铁、基建、航空航天、家电等多个行业，可使相关企业劳动生产力提高超过 20%。富士康运用工业互联网综合解决方案对工厂进行内外网升级改造后，已在深圳龙华的工业富联“灯塔工厂”成功实现人力节省 50% 、效率提升 30%、人均产值提升 31%。其中，测试工段实现全自动化，人力节约 92%，有效缓解人工成本压力，保持了其在全球的低成本竞争优势。

二是打造智慧化生活的迫切需求。人类社会正在从人人互联迈向万物互联新时代。新一代信息技术日新月异，对人类生活方式产生重大变革，极大地丰富了人们对美好生活的需求，促进了信息消费升级，充分释放内需潜力。预计 2020-2025 年，5G 商用将带动 1.8 万亿元的移动数据流量消费、2 万亿元的信息服务消费和 4.5 万亿元的终端消费。疫情期间新兴消费模式快速增长。**电商方面，**1-2 月社会消费品零售总额 5.2 万亿元，同比下降 20.5%，实物商品网上零售额逆势同比增长 3.0%，占社会消费品零售总额的比重达 21.5%，比上年同期提高 5 个百分点。农村电商平台快速发展，2020 年一季度全国各大电商开辟助农专区，为滞销农产品打开销路和市场，农村电商突破 1300 万家。如：拼多多设立“农货抗疫专区”，覆盖 400 个农产区 230 多个贫困县的农产品，并补贴 5 亿元。**教育方面，**在“停课不停学”的刚性需求和政府大力支持下，全国各级各类院校在线复课，覆盖全国各地教师和学生近 3 亿人。线上教育平台承接线下需求，K12 在线教育目标人群渗透率从 37.5%提升至 56.7% ，多个在线教育机构宣布

直播课报名人数突破千万。**医疗方面，**国家卫健委数据显示医院互联网诊疗同比增加 17 倍，第三方互联网医疗服务平台诊疗咨询量增长了 20 倍，处方量增长近 10 倍。

三是提升国家治理体系和治理能力的迫切需求。大数据、人工智能、云计算等新一代信息技术越来越多地应用于社会治理各个方面，宽带网络建设将加速治理体系和治理能力现代化进程，全面提升治理效率、能力和水平，让数据“出谋划策”，形成科学化、精细化、智能化的治理能力。如：疫情防控中，通信大数据平台汇聚 16 亿手机用户数据资源，可以全面监测重点地区人员流出和流向情况，精准追踪确诊、疑似病例和密切接触者，科学研判疫情趋势，及时有效隔离，为阻断病毒扩散发挥突出作用，是数字时代国家治理现代化的重要探索。防疫物资方面，国家重点医疗物资保障调度平台，疫情防控最吃劲的时候，平均每 3 小时调度一次医用防护服的生产和发货情况，优先保障武汉地区的需求，同时兼顾其他地区疫情防控的需要。

二、宽带网络发展成效显著，综合水平迈上新台阶

回顾 7 年来的发展历程，我国以“宽带中国”战略和网络提速降费为契机，产业链上下游协同联动，在网络建设、技术创新、生态打造和应用牵引等方面发挥愈加重要的引领作用，移动宽带和固定宽带成为驱动全球宽带市场发展的主导性力量。我国移动宽带突出技术创新和生态培育，实现了从 3G 追赶到 4G 同步、5G 引领的飞跃；光纤宽带突出公平竞争和普及渗透，实现了从铜缆接入到光纤入户的快速升级、从城市到农村的深度下沉。互联网跨界融合应用正方兴未艾，

云化、智能化等新技术新模式新产业不断涌现，宽带网络综合水平迈上新台阶。

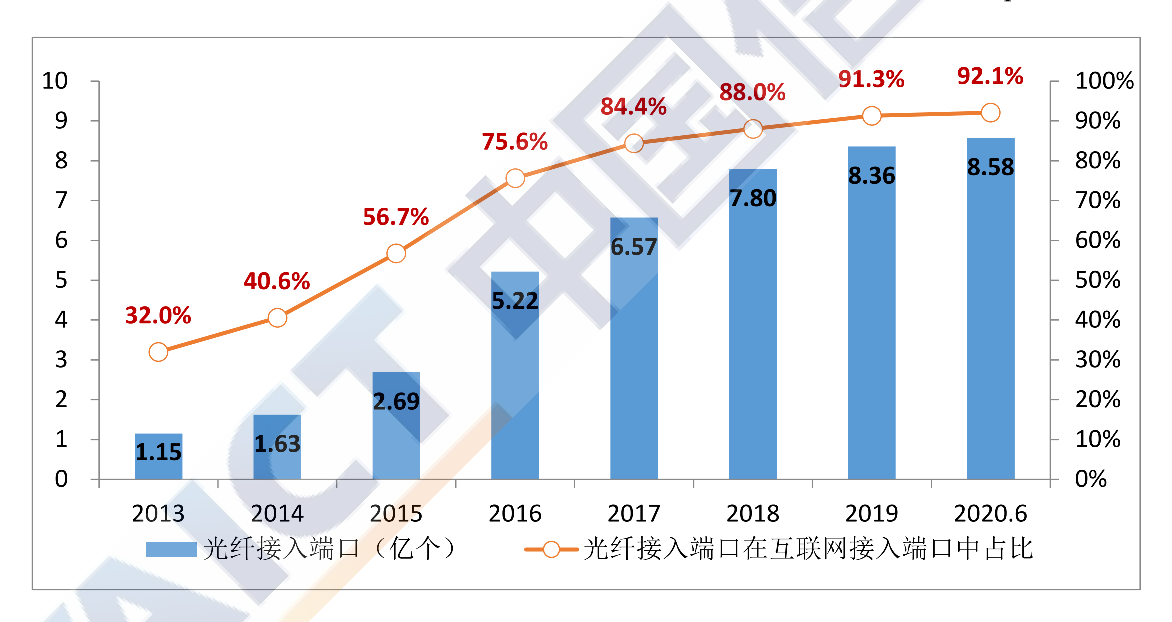
具体对比“宽带中国”发展目标看，自《“宽带中国”战略及实施方案》（国发〔2013〕31号）发布以来，经过“全面提速（至2013年底）”、“推广普及（2014-2015年）”、“优化升级（2016-2020年）”三个阶段的持续努力，我国宽带网络基础设施加快改造升级，用户规模高速增长，家庭普及水平大幅提升，宽带信息应用加速向经济社会各领域广泛渗透，三阶段目标均已实现，2020年目标基本提前超额完成，“宽带中国”战略路线图向更高水平、更高要求持续推进。

表 1 “宽带中国”主要指标发展目标完成情况

指标	单位	2013年	2015年目标	2015年实际值（2015.12）	2020年目标	2020年实际值（2020.06）
1、宽带网络能力						
城市宽带接入能力	Mbps	20（80%用户）	20	大于20	50	大于100
其中：发达城市	Mbps		100（部分城市）	100（部分城市）	1000（部分用户）	超300个城市已部署千兆光网
农村宽带接入能力	Mbps	4（85%用户）	4	4	12	大于12
大型企事业单位接入带宽	Mbps		大于100	大于100	大于1000	大于1000
FTTH覆盖家庭	亿个	1.3	2.0	4.46	3.0	大于3
行政村通宽带比例	%		90	95	＞98	＞98
2、宽带用户规模						
固定宽带接入用户	亿户	2.1	2.7	2.9	4.0	4.65
3G/LTE用户	亿户	3.3	4.5	7.85	12	13.17
3、宽带普及水平						
固定宽带家庭普及率	%	40	50	56	70	＞90
3G/LTE用户普及率	%	25	32.5	57.4	85	＞94

（一）宽带网络能力提档升级

光纤网络实现城乡全面覆盖。自“宽带中国”战略实施以来，我国持续加大光纤网络建设投资力度，完成了从铜缆接入为主向光纤入户的全面替换。截至 2020 年二季度，FTTH（光纤到户）覆盖家庭已超过 3 亿个，光纤到户（FTTH）端口在所有宽带端口中占比已达到 92.1%，全国所有地级市均已建成光纤网络全覆盖的“光网城市”，城市固定宽带接入能力普遍超过 100 Mbps，部分发达城市已实现千兆接入能力普及，农村固定宽带接入能力超过 12 Mbps，行政村通光纤宽带比例超过 98%，大型企事业单位接入宽带普遍超过 1000Mbps。

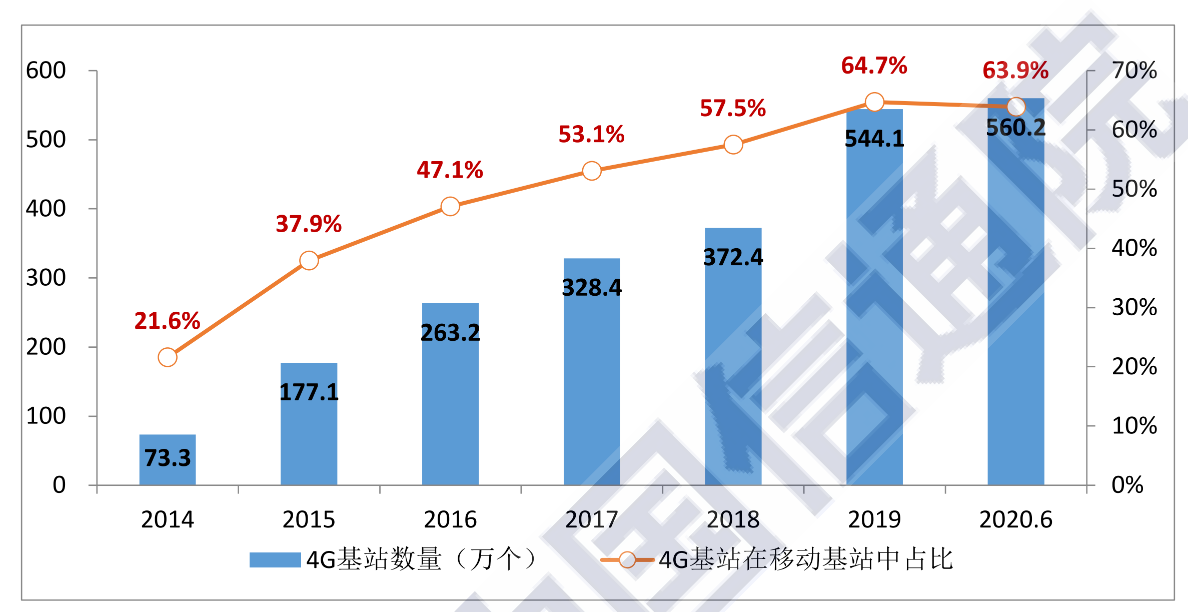


数据来源：工业和信息化部

图 1　2013-2020 年固定宽带光纤接入端口总数及占比情况

4G 网络实现跨越式发展。我国仅用不到 3 年时间建成全球规模最大、覆盖最广的 4G 网络。随着 4G 网络持续推进深度覆盖和广度覆盖，4G 基站建设仍保持较快增长态势。截至 2020 年 6 月，我国 4G 基站规模达到 560.2 万个，同比增长 26%，总规模是 2014 年的 7.6 倍；4G 基站在全国移动基站总量中的占比达 63.9%，比 2014 年提升

了 42.3 个百分点，全面实现战略中“LTE 基本覆盖城乡”的预期目标。**5G 网络建设规模全球领先。**5G 商用发牌一年来，我国基础电信企业克服新冠肺炎疫情影响，加快 5G 建设速度。截至 6 月底，我国 5G 基站规模达 41 万个，今年以来新增 25.7 万个。



数据来源：工业和信息化部

图 2　2014-2020 年 4G 基站数量及占比情况

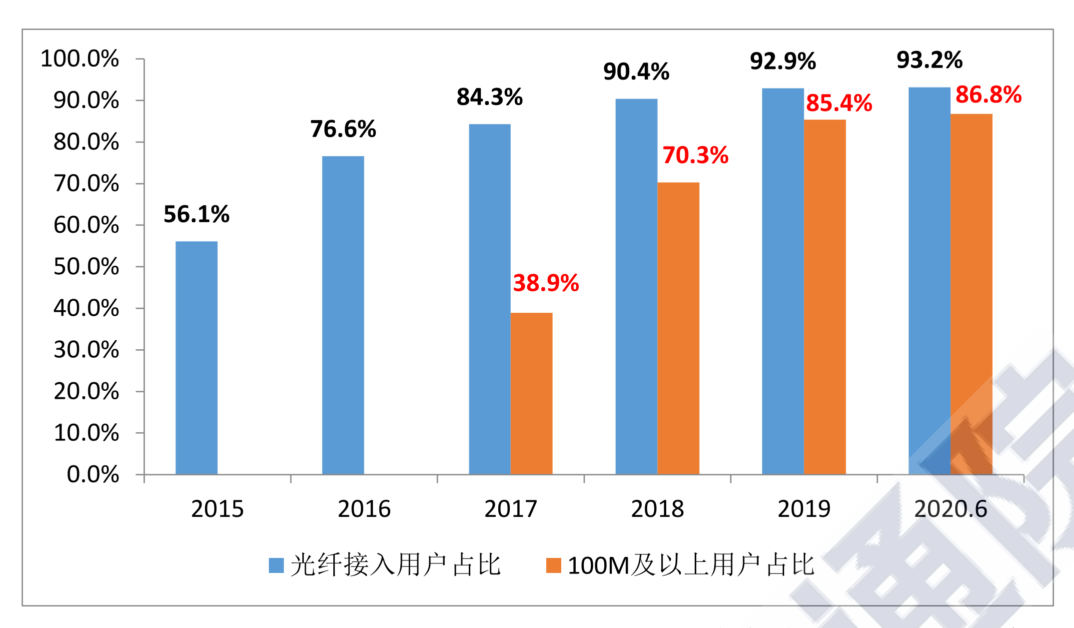
网络承载能力持续提升。自 2013 年工信部发布《工业和信息化部关于设立新增国家级互联网骨干直联点的指导意见》以来，我国分批次建成 10 个国家级互联网骨干直联点。截至目前，我国建成了北京、上海、广州、成都、武汉、西安、沈阳、南京、重庆、郑州、杭州、福州、贵州共 13 个骨干直联点，2019 年底批准增设内蒙古自治区国家级互联网骨干直联点。2019 年 10 月，我国首个国家（杭州）新型互联网交换中心试点获批开建。新增直联点的陆续开通和运行，减少了网络流量兜转，大幅降低了网间通信时延和丢包率，提升了网间通信性能。

国际通信基础设施逐步完善。我国初步形成海底光缆、跨境陆

缆为主的国际传输网络架构，截至 2019 年底，我国国际光缆总容量达到 120.7Tbps，国际业务带宽达到 30.4Tbps。海缆建设方面，大陆地区已建有青岛、上海南汇、上海崇明、汕头和上海临港 5 个国际海缆登陆站，登陆的国际海缆达到 9 条。国内运营商积极参与香港登陆海缆建设，新增亚非欧 1 号海缆（AAE-1）等多条国际海缆。陆缆建设方面，我国共拥有 18 个国际陆缆边境站，与周边 12 个国家建立了跨境陆地光缆系统。

（二）宽带用户结构持续优化

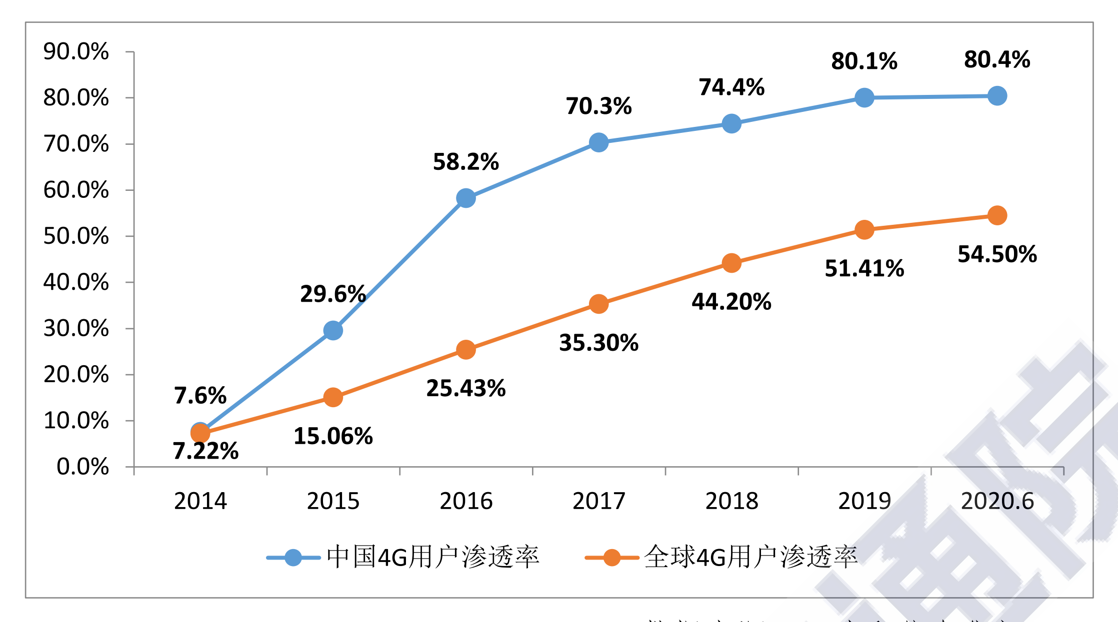
光纤接入用户占比全球第二。在网络提速降费深入推进、市场竞争日益激烈等因素驱动下，固定宽带用户规模不断壮大。截至 2020 年 6 月，我国固定宽带用户达 4.6 亿户，提前超额完成战略设定的 2020 年 4 亿户的预期目标；固定宽带家庭普及率超过 90%，比战略设定的 2020 年末 70%的预期目标高出 20 个百分点。**从接入技术看，**光纤接入用户占比全球领先，光纤接入（FTTH/O）用户达 4.3 亿户，占固定宽带用户的比重达 93.2%，远超 OECD 国家 26.8%的平均水平，仅次于新加坡（99.7%），位居全球第二。**从接入速率看，**百兆及以上接入用户占比持续提升，100Mbps 及以上接入速率的固定宽带接入用户超 4 亿户，占总用户数的 86.8%。千兆及以上用户较上年末净增 179.7 万户达 266.7 万户。



数据来源：工业和信息化部

图 3　2015-2020 年我国光纤接入用户和百兆及以上接入用户占比情况

移动宽带普及率超过预期目标。截至 2020 年 6 月，我国 3G/LTE 用户达到 13.17 亿户，与 2015 年相比（7.85 亿户）提升 66.9%，远高于战略设定的 2020 年末 3G/LTE 用户合计 12 亿户的预期目标。3G/LTE 用户普及率超 94%，超额完成宽带中国战略 85%的预期目标。随着 4G 网络覆盖范围和服务质量的不断提升，2G、3G 用户持续向 4G 迁移，4G 用户总数达 12.8 亿户，占移动电话用户的比重达 80.4%，较去年同期提升 2.8 个百分点，在全球 229 个国家和地区中排名第 16 位，远高于 54.5%的全球平均水平。目前 5G 用户达到 1.5 亿户。

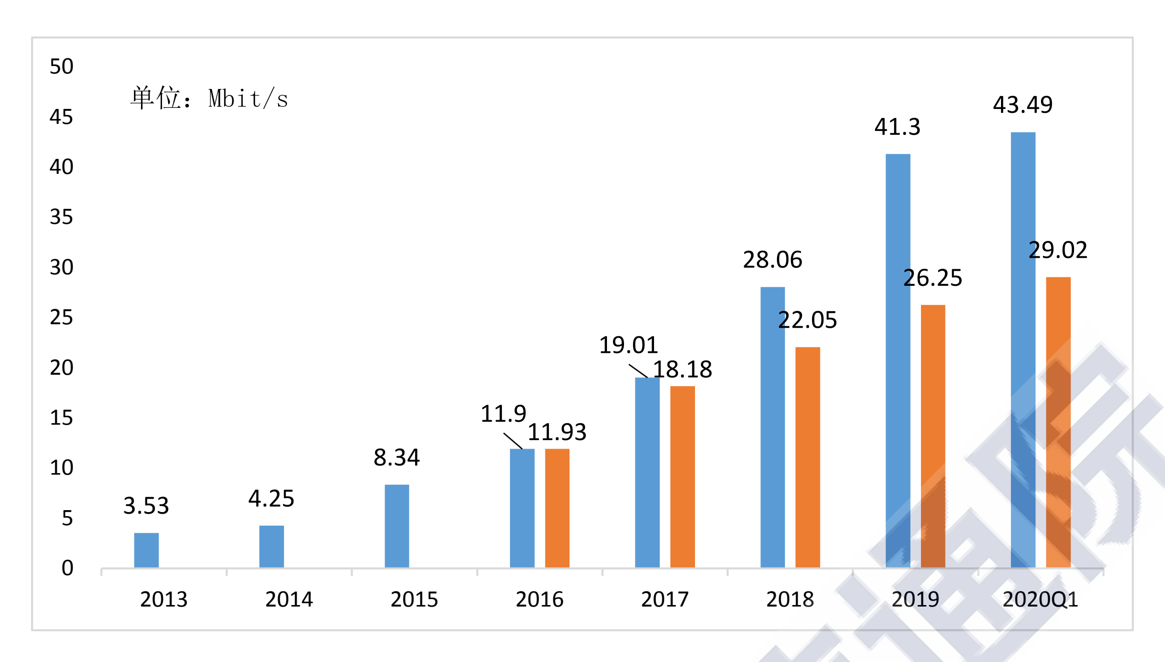


数据来源：工业和信息化部、GSMA

图 4　2014-2020 年我国与全球 4G 用户渗透率对比情况

（三）用户使用体验明显改善

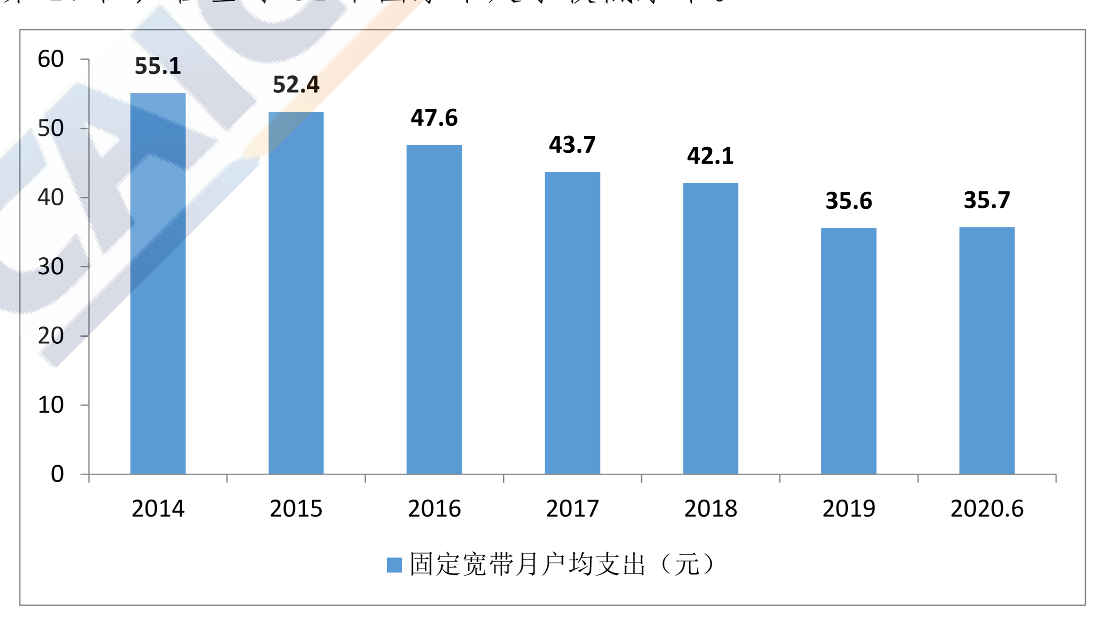
用户上网实际体验速率大幅提升。根据中国宽带发展联盟发布的《中国宽带速率状况报告》，2020 年第一季度，我国固定宽带网络平均下载速率为 43.49Mbit/s，是 2015 年同期的 5.2 倍；4G 网络平均下载速率达 29.02Mbit/s，是 2016 年第三季度开始监测时的 2.5 倍。用户上网体验明显改善，我国固定宽带用户的浏览网页平均首屏呈现时间为 0.89 秒，较 2015 年（2.2S）缩短了一半以上，固定宽带用户观看网络视频的平均下载速率达到 24.66Mbit/s，同比大幅提升 24%，是 2015 年（6.86Mbit/s）的 3.6 倍。



数据来源：宽带发展联盟

图 5 2013-2020 年我国固定宽带网络与 4G 网络平均下载速率

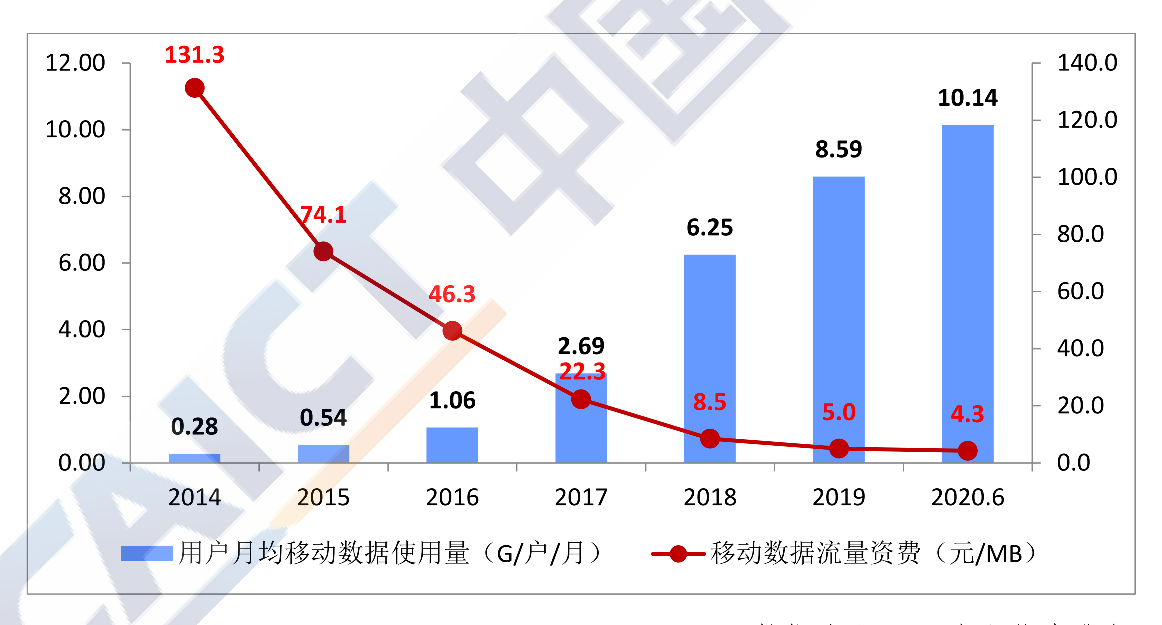
固定宽带月户均支出稳步下降。2020 年 6 月，我国固定宽带月户均支出为 35.7 元，较 2014 年底下降 35.2%。中小企业宽带和专线平均资费较 2018 年分别下降 36.7%和 28.8%。从国际对比看，2020 年第二季度，按照购买力平价指数价格水平从低到高排名，我国固定宽带门槛价格、平均价格和中位数价格分别位于第 7 位、第 28 位和第 17 位，在全球 84 个国家中处于较低水平。



数据来源：工业和信息化部

图 6　2014-2020 年我国固定宽带月户均支出情况

移动数据流量资费显著降低。2020 年 6 月，我国移动数据流量平均资费为 4.3 元/GB，同比下降 23.3%，港澳流量漫游平均资费为 0.11 元/MB，较 2018 年的 0.17 元/MB 下降了 32.4%。用户月均移动数据使用量为 10.1GB，同比增长 29.2%。由于移动数据流量消费大幅增长，移动通信用户月均支出（ARPU）同比略降 1%，为 47.8 元。从国际对比看，2020 年第二季度，我国移动通信资费在全球处于偏低水平，移动通信用户月均支出在全部 239 个国家和地区中按价格由低至高排名第 86 位，低于全球 11.36 美元的平均水平，远低于美国、加拿大、韩国等国。



数据来源：工业和信息化部

图 7　2014-2020 年我国移动流量资费和用户使用量情况

（四）区域宽带网络协调发展

东部地区积极部署新型宽带设施。东部地区全面贯彻光纤到户国家标准，新建楼宇全部实现光纤到户，老旧小区大力实施“光进铜退”，率先完成光纤宽带网络升级。同时，随着 4K/8K 超高清、虚拟

现实/增强现实等高带宽应用的推广普及，上海等地积极开展千兆光纤接入试点，推进部署千兆宽带接入网络。截至 2020 年 6 月，东部地区 1000M 及以上用户达 155 万户，占全国千兆用户总数的 58.1%。在 5G 网络部署初期，以京津冀、长三角、粤港澳大湾区为代表的东部地区加快布局 5G 网络。东部地区 5G 基站总规模达 26 万个，占全国 5G 基站总规模的比重达 63.4%。

中西部地区加快宽带网络建设。中西部地区积极推进互联网宽带接入端口建设，扩大接入网络覆盖范围，提升宽带用户接入速率和普及水平。截至 2020 年 6 月，中西部地区互联网宽带接入端口总量为 4.3 亿个，比 2013 年增长 168.4%，占全国互联网宽带接入端口总量的比重达 46.4%，较 2013 年提升 1 个百分点。同时，中西部积极部署数据中心建设，宁夏、贵州、内蒙古等地充分发挥能源、地质、气候等优势，积极对接东部地区数据中心建设需求，数据中心的网络能力明显提升，我国新建大型、超大型数据中心逐步向中西部条件适宜地区转移。

（五）融合赋能作用日益彰显

宽带支撑带动数字经济蓬勃发展。以数字化、网络化、智能化为特征的第四次工业革命蓬勃发展，宽带网络与实体经济融合程度不断深化、范围不断拓展，形成了数字经济发展的新模式、新业态、新产业，全面增强经济高质量发展的新引擎、新动能。**消费领域，**以直播带货、新零售等为代表的电子商务新业态纵深拓展，网络零售持续活跃。2020 年 1-7 月，全国网上零售额达 6.1 万亿元，同比增长

9.0%，其中，实物商品网上零售额同比增长 15.7%，占社会消费品零售额的比重为 25.0%。**生产领域，**宽带网络加速演进升级，赋能制造业转型升级。工业互联网在重点领域应用取得显著进展，企业数字化研发设计工具普及率达 49%，关键工序数控化率达 69%。工业互联网应用场景已覆盖机械、钢铁、电子、石化、汽车、机械、轻工等制造业主要门类，不断向能源、交通、医疗等行业拓展，逐步向设计、服务等高附加值环节延伸。

宽带网络有效助力疫情防控与复工复产。宽带网络有力支撑了物联网、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术在新冠肺炎疫情防控和复工复产中的应用，并取得了显著成效。**在疫情科学防控方面**，医疗机构借助宽带网络、大数据、人工智能等新技术应用，精准高效地开展疫情的监测分析、病毒检测的诊断、疫苗新药的研发、病毒溯源、患者追踪、社区管理等工作。医疗物资制造企业依托大数据平台开展医疗防疫物资供需的精准对接，高效生产、统筹调配以及回收管理。**在复工复产方面**，宽带网络促进了协同研发、无人生产、远程运维、在线服务、云签约等新模式新产品落地应用，为各行各业实现“在线不掉线、工作不断线” 的远程化办公模式提供了有力保障。如疫情期间，中国电信依托 5G 网络，在天翼云会议平台上实现了安徽省人民政府与中国科学院战略合作协议的“云上”远程签约。

三、宽带网络持续演进重构，构筑数字经济发展基石

当前，信息基础设施正面临着新旧动能转换、发展重心调整、运营模式创新的重大变革，其**内生动能**将从传统网络技术向大数据、人

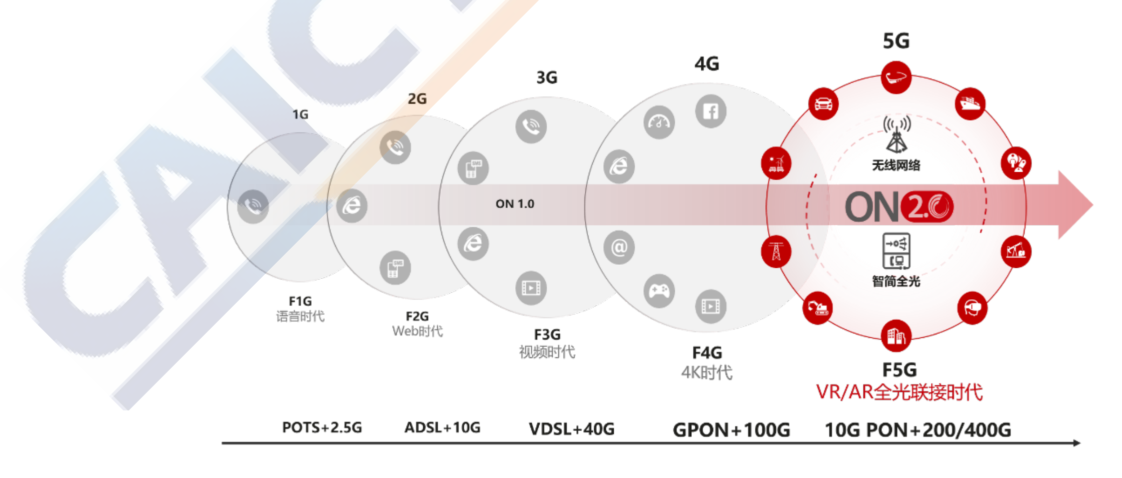
工智能、云计算、物联网等新一代信息技术拓展；**发展重心**将从带宽、速率等传统网络指标向与城市管理、民生服务等密切相关的生态指标转变；**运营主体**将从传统电信运营商向互联网企业、行业龙头企业等主体延伸，由此将形成多元的发展动力、多维的评价标准和多样的服务业态。国内外宽带网络持续演进重构，朝着**“联接、计算、平台、应用”**四大支柱体系方向迈进，新一代信息基础设施已成为面向全球、面向未来，提升国家综合实力和核心竞争力的重要载体，也是支撑经济发展社会发展、壮大数字经济的关键使能器。

（一）以联接提速为基础，高速移动、敏捷高效的新型网络加速形成

1.固定宽带接入网络：从光纤到户加速迈向光联万物的千兆时代

固定宽带网络作为“信息高速公路”，其发展水平已成为国家 ICT 发展水平的“晴雨表”，是衡量国家综合国力的重要指标之一。**全球加快固网千兆部署趋势显著，各国都在积极推动高速宽带网络进程。**根据 OVUM 数据显示，全球 FTTH 渗透率达到 54%，并在持续提升，全光接入已成业界主流，并已有 57 个国家的 234 家运营商相继发布了千兆业务，有 20 多家运营商已发布万兆业务。**北美**有线电视服务商基于同轴电缆并采用 DOCSIS3.0 技术提供了可达千兆的接入网络，具有区域竞争优势；美国发展最早，目前大部分运营商均已推出千兆业务，但覆盖率不高，仍处于普及阶段。**欧洲**电信运营商仍然保有大量铜线接入网络，并通过新技术（如 Vectoring、G.Fast）提速经营；

同时大部分国家也已发布千兆业务，整体发展则稍慢于中日韩等亚洲国家，如西班牙全光计划于 2021 年光纤网络覆盖全国 100%人口；德国千兆战略计划 2025 年全面具备千兆接入能力。**亚洲的日、韩、新加坡**启动要晚于美国，但发展迅猛，已先一步进入千兆发展后期，其中韩国、新加坡千兆家庭覆盖已分别达到 93%和 95%。**其余一些国家**近年来逐渐出现电力公司（拥有管线资源和施工能力）与运营商协同建设全光接入网的趋势，加速了高速宽带发展。**尤其值得注意的是，**2020 年 2 月，欧洲电信标准化协会（ETSI）成立了“第五代固网”（The 5th Generation Fixed Network,简称 F5G）工作组，致力于研究旨在研究 F5G 标准与应用，推动固定宽带代际演进。根据 ETSI 定义，F5G 是以 10G PON 接入、Wi-Fi6 和 200G/400G 传输等技术为代表的第五代固定网络，包含 GRE（高可靠体验）、eFBB（增强固定带宽）、FFC（全光联接）[1]三大应用场景，开创从光纤到户迈向光纤到房间、桌面、园区、工厂乃至机器的光联万物[2]新纪元。如图 3-1 所示：



（数据来源：ETSI）

图 8　固定宽带网络通信技术的代际演进

[1] GRE（Guaranteed Reliable Experience），eFBB （Enhanced Fixed Broadband），FFC （Full-Fiber Connection）
[2] From fiber to the Home to fiber to Everything Everywhere

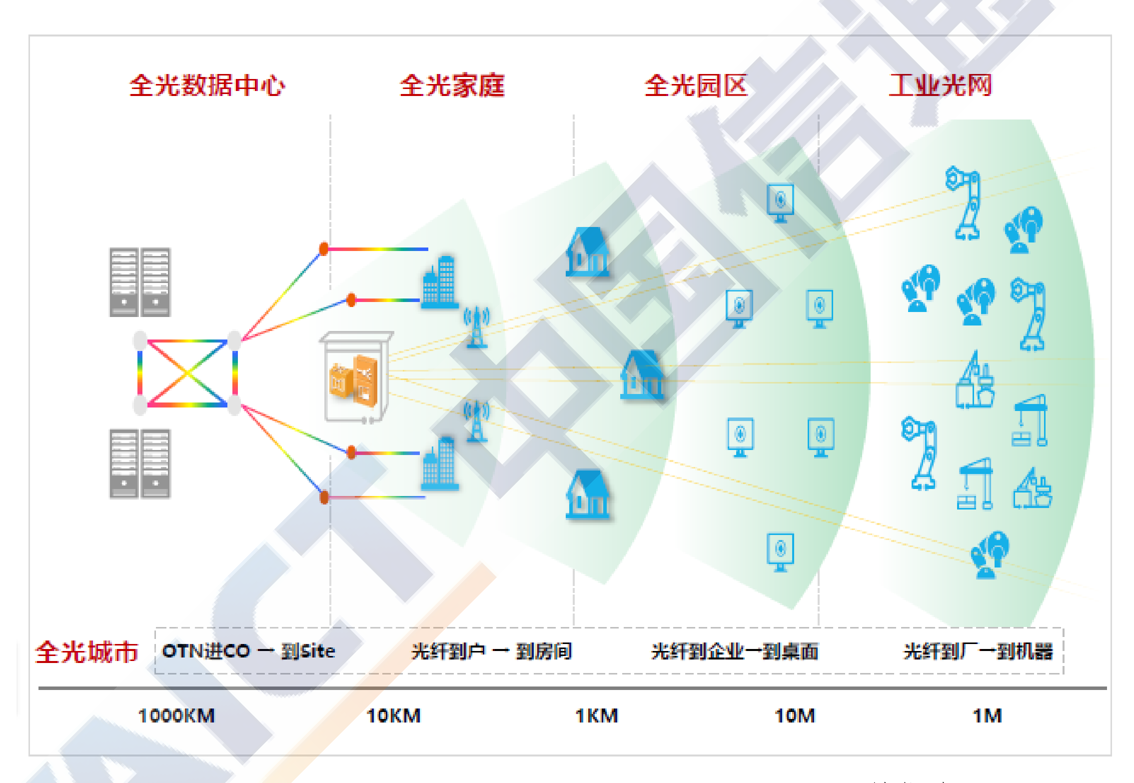
我国光网络基础优势全球领先，正跨入以 10G PON 技术为代表的千兆超宽新阶段。2019 年工信部启动了“双 G 双提”行动，推动固定宽带和移动宽带双双迈入千兆（G 比特）时代，为高带宽应用创新和推广提供基础网络保障。基础电信运营商积极响应，先后提出了千兆光网发展的明确规划，目前已在全国超 300 个城市部署了千兆宽带接入网络，覆盖家庭用户超过 8000 万个，大部分省份电信运营商已发布了千兆商用套餐，全国千兆宽带接入用户超过 270 万户，仅 5 个月新增数就超过去年用户总数（87 万户）。北京移动加速 F5G 建设，将在全市范围内打造千个双千兆精品社区；广州电信与华为发布业界首个《FTTR 白皮书》，通过全光家庭网络解决方案保障千兆宽带全屋覆盖；杭州移动发布《“双 5G”数字城市白皮书》，夯实数字经济坚实底座。**未来五年，**光接入网络加速进入千兆时代，10G PON 无源光网络技术以大带宽、广覆盖等特征，单系统可为 30-40 户家庭提供千兆接入的能力，成为世界各国运营商在部署高速光接入网时的优先技术选择。我国千兆宽带将不断延伸覆盖范围，实现家庭、企业、商业和工厂制造等多场景应用，联接海量的设备和终端，为用户提供稳定高速的带宽接入能力。具体来看，未来光接入网络的建设和发展将围绕以下三个方面展开：

（1）千兆提速：以家庭千兆速率接入为目标，全面采用 10G PON 技术；家庭场景内应用千兆无线局域网提升末梢接入速率，结合 10G PON 提供千兆带宽直达用户终端。

（2）光联万物：在物理层，光纤连接的场景从家庭延伸千行百

业，包括光纤到房间、工业 PON（工业光网、光纤到机器）、光纤到园区企业（各类政企、园区、教育、电力、交通等各垂直行业）等，通过新一代高性能、高集成度、低功耗的光电芯片和算法来保障快速响应、低时延、工业级的高可靠、安全。

（3）**极致体验**：通过大数据采集、边缘计算、人工智能等技术的应用，加之端到端网络切片，多层次调度保障算法，为不同用户、不同业务提供差异和精准服务保障，提升用户的业务体验。



（数据来源：ETSI）

图 9　全光接入网络的推进路径

2.移动宽带接入网络：5G 规模商用部署步入快车道

全球主要经济体都高度重视 5G 发展，并在较大范围进行部署。发展 5G 已是世界各国的普遍共识，加快 5G 战略布局是占领国际竞争制高点、赢得未来国家战略竞争新优势的重要手段。**美国**政府近年来多次颁布新政和法案，对 5G 发展进行全面布局。继“5G FAST”计划后，

2020 年 1 月，美众议院接连通过《促进美国 5G 国际领导力法案》、《促进美国无线领导力法案》、《保障 5G 及以上安全法案》三个法案，意欲加强美国在 5G 相关国际标准制定机构中的领导力，确保国家级战略目标的精准实施。美国四大运营商均已开启 5G 商用，重点部署毫米波频段业务，并正在向中低频段扩展。其中，T-Mobile 已在 2019 年 12 月使用 600MHz 频谱开通全国性 5G 网络，低频网络覆盖了美国 5000 多个城镇、2 亿多人口。AT&T 计划在 2020 年上半年实现美国所有城市基于 850MHz 频段的 5G 网络商用。**韩国**加快推进“实现创新增长的 5G+战略”，扩大投资、鼓励基础设施创建、支持海外扩张，意在建设全世界最好的 5G 生态系统。三大运营商 KT、SKT、LG U+在 2019 年 4 月同时开启 5G 网络、抢占全球 5G 商用首发后，持续发力 5G 网络建设，截至 2020 年 4 月，韩国 5G 基站规模达 11.5 万个，覆盖了 93%的韩国人口，5G 用户规模达 634 万，在移动电话用户中的占比为 9.1%，人口普及率达 12.4%。**欧盟**积极实施“5G 行动计划”，成员国和业界各方合作制定 5G 时间表，并指引欧盟各国制定本国的 5G 发展路线。主要电信运营商已在 10 多个国家开通 5G 服务，瑞士和摩纳哥的 5G 网络已经实现对其本国人口约 90%的覆盖。截至 2020 年 3 月底，123 个国家和地区的 381 家运营商宣布开展 5G 网络建设，40 个国家和地区推出一项或多项 5G 服务[3]。

我国 5G 产业链日趋成熟，进入网络规模部署和应用纵深拓展的关键阶段。网络建设加速推进，电信运营商将加快 5G 网络由 NSA（非

[3] 数据来源：GSA

独立组网）向 SA（独立组网）的演进，中国移动已经启动 SA 设备招标工作，力争在年内实现 SA 网络商用。网络切片、边缘计算等关键网络技术将落地生根，进一步展现 5G 核心能力和价值。同时，为有效降低网络建设成本，减少重复建设，运营商积极推进 5G 网络共建共享。**网络设备及终端产业蓬勃发展**，我国已有 130 款 5G 手机获得入网销售许可，手机价格下探至 2 千元区间。国内 5G 手机出货量累计超 3000 万部，占同期手机出货量的 1/3 以上。2019 年华为、中兴的 5G 网络设备出货量分列全球第一和第五，合计占全球总出货量的 40%。5G 基站芯片已普遍采用 7 纳米工艺，单基站功耗已由最初 5 千瓦下降至 2-3 千瓦，运维成本显著降低。**5G 融合应用开始绽放风采，**新冠肺炎疫情加速 5G 与经济社会各领域融合发展的步伐，在应对疫情危机中，5G 远程诊疗、5G 智能医护机器人等应用从试验走向实践，为疫情防控起到了积极作用；5G+4K 直播、远程办公、远程教学等应用也在疫情防控隔离期间发挥了重要作用，推动企业安全有序复工复产。此次疫情激发了 5G 技术的广泛应用，让国人第一次大范围感受到 5G 所带来的效率提升，证明了 5G 应用在医疗、防控、应急、物流等领域的重要性，为相关应用大规模普及拉开序幕。随着复工复产潮的到来，5G 将在更大广度、更深层面发挥重要作用，为经济平稳增长提供强劲动能。

3.骨干网传输：向更高带宽和容量的 P 比特级传输升级演进

光传送网络扮演着新兴产业中“数据流搬运”的关键角色，迅速

改变着产业发展，不断优化提升传送能力。从上世纪 80 年代光纤通信系统开始应用于信息通信网络的骨干网传输至今，随着光纤传输能力不断提升，密集波分复用（DWDM）技术深入应用扩展光纤带宽容量，单光纤的传输商用系统容量增长超过了 100 万倍。从光纤通信传输能力提升的发展趋势看，每 9-12 个月，光纤通信系统的传输容量将会提升一倍。

我国的光传送网络已迈入全光网 2.0 时代，从全网光纤化走向全光自动调度。全光网络以其传输容量大、传输质量好、结构优势等特点，再加上其兼容性、扩展性、重构性以及高度集成的优势，成为 5G 光通信时代建设的重中之重。具有三大核心特征：10THz 的巨大可用频谱、100Tbit/s 的超大容量、1Tbit/s 的超高速率，可以有效支撑 5G 的承载需求。**网络架构方面，**基础电信运营商骨干层网络已逐步实现无线网格网络 MESH 化组网，组网更加灵活，有效降低业务端到端时延，实现业务灵活调整和动态恢复。**网络应用方面，**光传送网将从配套网向业务网演进，构建品质专线支撑新兴业务高速、高质量发展，其覆盖范围也进一步向网络边缘延伸，实现基于光传送网的全业务综合承载。**智能管控方面，**通过逐步引入智能云化网络管控系统，实现对网络的数字化和智能化管控，将设备、业务和时延进行可视化显示，提供灵活可变的业务发放策略，提供按需自动调整、网络隐患提前预警和业务提前切换等功能。

骨干网从 100G 加速向 200G 及更大容量升级。目前，100G 骨干网传输系统已在我国普遍部署，三大运营商已经建成了单波 100G 骨干

网，并进行了数轮扩容来满足不断增长的流量需求。但随着 5G 承载带宽需求的大幅度上升，网络扁平化、大型数据中心机房的互联，将给骨干网提出巨大挑战，100G 骨干网难以满足 5G 商用成熟之后的网络带宽需求，推动运营商骨干网进入单波 200G 时代。今年中国移动在省级骨干网首次全面引入 200G 超高速传输技术，打造国内首张 200G 商用骨干网络，成为我国光网络产业从 100G 迈入 200G 的关键里程碑。随着 5G 网络部署速度加快，中国电信和中国联通也将 200G 骨干网系统纳入集采计划。同时，运营商和设备商还在加快 400G 传输系统测试，骨干网络将实现 P 比特级的传输能力。

骨干网直联点提前超额完成 IPv6 升级改造。我国《推进互联网协议第六版(IPv6)规模部署行动计划》发布以来，在工信部的大力组织推动下，我国互联网骨干网络 IPv6 升级改造工作顺利开展。截至 2019 年 6 月，我国完成 13 个骨干直联点 IPv6 升级改造，累计开通 IPv6 网间带宽 7Tbps，提前超额完成工信部“到 2020 年末，完成所有互联网骨干直联点 IPv6 改造,开通 IPv6 网间互联带宽不少于 5Tbps”的任务目标，网间 IPv6 流量疏导不断优化提升。2020 年 7 月，三家基础电信企业已向 14.4 亿固定和移动终端分配了 IPv6 地址，LTE 网络中 IPv6 流量占比达到 9.77%。目前，骨干网 IPv6 网络质量与 IPv4 基本趋同，我国已经具备 IPv6 业务承载能力，并不断向好发展。 未来 IPv6 规模部署将进一步提质增效，聚焦 IPv6 业务端到端贯通，加快薄弱环节 IPv6 改造，扩大 IPv6 应用推广，构建高速率、广普及、全覆盖、智能化的下一代互联网，为经济社会发展提供有力支撑。

（二）以计算增效为核心，技术先进、存算一体的数据资源持续构建

1.数据中心集群向规模化、集约化发展

从全球来看，随着 5G、云计算和人工智能等新技术应用加速落地，数据流量进入爆发式增长新阶段，数据中心将朝着超大规模、绿色节能方向加速发展。根据爱立信预测，2024 年全球移动数据流量将达 131.5EB/月，是 2015 年（5.2EB/月）的 25.4 倍。为充分发挥数据中心的规模效益，大幅降低业务部署成本和维护成本，大型、超大型数据中心备受运营商、互联网等数据中心提供商青睐。自 2013 年以来，全球超大型数据中心数量增长了两倍，其中以亚马逊、苹果、谷歌、Facebook 和微软为首，单园区最大服务器规模已经突破 30 万台，很多大型园区服务器规模在 2 万台到 10 万台之间。Gartner 预测 2020 年底全球大型数据中心规模有望突破 600 个，占全部数据中心服务器数量的 47%。同时，数据中心是能耗大户，全球数据中心的电力消耗总量占据全球用电量的 3%，到 2025 年，全球数据中心使用的电力总量按现在的电力价格估算将会超过百亿美元，年均复合增长率将达 6%。为降低数据中心能耗，提升运行效率，全球各国政府和相关企业采取一系列措施，推动数据中心更加节能。

从我国来看，通过出台《关于加强绿色数据中心建设的指导意见》、滚动更新《全国数据中心应用发展指引》等政策，积极引导数据中心合理建设和布局，持续走向大型化和集约化，有效提升全国数据中心的能效水平。目前全国在用超大型、大型数据中心的电能使用效率值

（PUE）分别 1.63 和 1.54，预计到 2020 年能耗基本可比国际先进水平，新建大型、超大型数据中心 PUE 达 1.4 以下。另一方面，企业加快技术创新推动数据中心降低能耗。数据中心提供商通过应用液冷服务器、高密度集成 IT 设备、高效制冷系统、市电直供、直流供电等先进技术产品，实现数据中心绿色发展。如：阿里巴巴推出的巴拿马电源是解决数据中心直流供电需求的最新一代电源产品，可有效提升数据中心供电效率 3%，减少供配电总投资成本 20%[4]。

2.计算模式由传统同构计算向异构计算革新

全球主流厂商计算架构向异构化发展。多样化的应用场景推动异构计算时代加速到来。在 5G、人工智能、大数据、物联网等新技术的推动下，互联网应用类型日益多样化，其产生的海量计算需求呈指数级增长，对计算能力的需求超过了按“摩尔定律”增长的速度，呈现差异化、个性化等特点，以传统 CPU 芯片为代表的同构计算（也称为通用计算）性能的发展已经远远跟不上应用的需求。全球主流厂商通过软件化、云化等方式，部署异构计算开源生态体系，降低异构计算推广使用的复杂性和使用成本，加速其普及应用。如，英特尔推出 oneAPI 统一软件平台，打通 CPU、GPU、AI、FPGA 等多种计算单元，按照用户需求进行灵活组合，为用户提供跨架构、跨平台的组合式解决方案。

我国企业加速推动异构计算生态体系形成。我国芯片厂商将专用计算单元集成到通用芯片中，其计算架构中既有 CPU 等传统的通用

[4] http://www.cinn.cn/zbgy/201912/t20191223_222545_wap.html

计算单元，也有高性能的专用计算单元。通过 CPU+GPU、CPU+FPGA、CPU+ASIC 等多种芯片进行异构计算，在承载应用方面发挥越来越重要的作用，正在逐渐成为行业的主流，且这种趋势可能会继续加速。如，华为搭建异构计算硬件资源云管理平台，为不同计算任务分配最佳的异构硬件资源。随着异构计算的开源生态逐步形成，以及新业务新应用对算力及最佳能效比的持续追求，开放的、普适的异构计算生态体系将加快形成。

3. 云网边深度融合成为未来重要方向

云网边深度融合是基于业务需求和技术创新并行驱动带来的网络架构深刻变革。随着 5G 时代的到来，边缘技术被视为改变信息通信服务模式的关键创新技术之一，更适用于实时、短周期数据的处理与分析。**世界各国对云边协同路线形成共识。**全球主流厂商发力云边协同产业生态，微软、谷歌、亚马逊等企业积极布局云边协同发展，推出了一系列上云服务和解决方案，如亚马逊的 AWS Greengrass、微软的 Azure IoT Edge、谷歌的 Edge TPU 和 Cloud IoT Edge。据 IDC 发布的《数据时代 2025》报告预测，到 2025 年 50%的数据将在网络边缘侧分析、处理与存储，而依靠计算资源集中化的传统云计算已经无法满足设备数量指数性增长需求和“大连接、低时延、大带宽”应用部署需求，只有云计算与边缘计算紧密协同，才能更好地满足各种场景需求，实现实时快速的进行数据存储、智能处理和预测分析。

我国云网融合加速向行业渗透。云网融合是基于业务需求和技术创新带来的网络架构深刻变革，使得云和网高度协同、融合互补。当

前，云网融合主要应用于云专线和 SD-WAN 等场景。随着云网融合领域的不断成熟，云网融合将逐渐由简单互联向“云+网+业务”延伸，向上与具体的企业应用相融合，提供带有明显行业属性且满足用户差异化、个性化需求的云网融合产品；向下与 ICT 服务融合，使得云网融合产品与基础服务能力结合更紧密，最终实现企业计算资源合理分配，服务资源动态调整，提供用户需要的定制化云计算业务。如中国电信自主研发了基于分布式开放平台的边缘计算 MEC 平台，支持固定/移动网络接入、第三方能力/应用灵活部署以及边缘能力统一开放，可应用于工业互联网、高清视频、车联网等领域，解决工业控制方面的低时延要求和数据安全等问题。

（三）以平台汇聚为载体，综合集成、交互协同的生态布局日趋成熟

1.工业互联网平台供给能力不断完善

全球工业互联网平台创新持续活跃。美国是工业互联网平台创新的领跑者，《Gartner 2019 工业物联网魔法象限》报告中北美平台上榜 7 家，占比达到 43.8%，PTC、GE、罗克韦尔等企业工业互联网服务能力全球领先。PTC 凭借 ThingWorx 平台已成为全球应用最为广泛的工业互联网平台企业。GE 投资 12 亿美元推动包括 Predix 平台在内的数字业务发展，并继续加大在韩国、俄罗斯、沙特等国提供工业互联网相关服务的力度。欧洲立足工业优势厚积薄发，不断加强工业数字化技术应用，如西门子构筑工业研发、生产、运维的全链条解决方案，MindSphere 平台连接的设备数量已超过 1000 万台。

我国工业互联网平台覆盖深度不断拓展。2019 年我国工业互联网产业经济增加值规模达到 2.13 万亿元，占 GDP 比重为 2.2%。预计 2020 年，我国工业互联网产业经济增加值规模约为 3.1 万亿元，占 GDP 比重为 2.9%，对 GDP 增长的贡献将超过 11%。我国北京、上海、广州、武汉、重庆五大标识解析国家顶级节点已建成运行，42 个二级节点上线运营。全国具有一定区域和行业影响力的平台超过 70 个，跨行业跨领域平台平均工业设备连接数已达到 65 万个，平均注册用户数突破 50 万。工业互联网应用已覆盖机械、钢铁、电子、石化、汽车、机械、轻工等制造业各主要门类，在能源、交通、医疗等行业的应用深度和广度不断拓展，在降成本、优质量、提效率等方面效果显著。

工业互联网与 5G、人工智能等前沿技术融合发展。工业互联网平台与 5G、边缘计算、人工智能及 AR/VR 等前沿信息技术集成融合，全面提升连接、分析与交互能力，为各类行业应用提供坚实支撑。SAP 与 Verizon 围绕 5G 技术合作，打造新型物联网解决方案，提升平台工业实时连接能力。微软向 OpenAI 投入 10 亿美元资金，加快 Azure 平台人工智能技术革新升级，驱动实现数据智能分析。以日立、三菱等为代表的日本企业持续低调务实地推动人工智能、边缘计算和机器人等投入技术研发，为工业互联网平台技术发展提供新动能。

2.物联网平台生态体系初步形成

全球物联网商业模式日渐清晰。随着智能硬件技术的快速发展，物联网市场呈现指数级增长态势，根据 Gartner 预测，2020 年全球

物联网设备数量将高达 260 亿件，产业规模将增至 1.9 万亿美元，行业应用渗透率也将超过 65%。为了寻求市场突破，全球巨头开始角力互联网设备，从泛在市场终端，延伸到个人家庭空间、车辆空间以及工业环境。物联网开放平台发展迅速，促进了企业、行业、用户之间的数据开放共享，区块链、边缘计算等新技术持续注入物联网技术体系，已经在智慧家居、智慧交通、自动驾驶等领域，形成了商业模式清晰的规模化市场。如智能家居方面，苹果以 Siri 语言控制为入口，通过自研 HomeKit 平台，整合家居类产品，提供智能家居互联服务。自动驾驶方面，WAYMO 完成 1000 万英里公共道路测，Plus.ai 完成 2800 英里卡车 L4 商业货运任务。

我国物联网行业应用加速普及。物联网技术体系正在向泛在、开放、智能化方向发展，5G、蜂窝车联网通信等无线网络技术，极大提升了物联网连接传输能力，为万物互联提供了基础条件。**智能交通方面，**交通部数据显示，2025 年我国将基本形成数字化采集体系和网络化传输体系，实现出行信息服务全程覆盖。到 2030 年，自动驾驶汽车占全部汽车里程的 13%，人工智能等新技术推动自动驾驶等模式逐步走向成熟。如小鹏汽车实现月均自动泊车 3.2 万次，月均自适巡航 67.8 万公里。**智慧能源方面，**能源行业构建从发电到用电的全流程优化体系，有效改善运行效率。金风建立风机故障预测模型，实现关键零部件故障预警提前 72 小时。大唐电力构建燃煤全生命周期一体化管理方案，实现采购优化、运输监控、配煤优化。国家电网基于平台支撑功率预测、多能互补、柔性控制、跨省调度等多种业务。

3.安全体系化支撑能力持续提升

企业数字化、网络化、智能化发展步伐的加快使 IT 和 OT 不断融合，企业内部网络与互联网逐步打通，网络安全威胁延伸向工业领域渗透，安全形势更为严峻。同时，工业控制系统、工业大数据、平台、设备等关键要素进一步联动交融，新技术、新模式加快应用，新领域、新业态不断涌现，对安全防护理念与措施提出新的更高要求。构筑工业互联网安全防线，为推动先进制造业发展保驾护航，已成为全球主要经济体发展工业互联网的关键基础和共同选择。

发达国家持续提升工业互联网安全保障水平。西方国家很早就认识到工业互联网安全的重要性，将工业互联网纳入国家安全战略，强化工业互联网产业实力和安全防护体系。美国《先进制造业领导力战略》、德国《工业 4.0 战略》、日本《东京倡议》懂明确提出将工业互联网安全作为优先行动。西方国家政企协作密切，如美国国土安全部下设工控系统网络应急响应小组，加强与工控企业合作，组织开展网络攻防演练。美国国家标准研究院（NIST）发布《制造业网络安全框架简介》，指导工业企业开展网络安全防护。指导工业互联网产业联盟建立多个测试床，验证工业互联网安全参考框架及其关键技术性能。在战略引领下，网络安全企业也逐步向工业互联网安全拓展，2019 年趋势科技、卡巴斯基等传统网络安全企业，相继发布工业互联网安全研究报告和产品服务。

我国加快健全工业互联网安全防护体系。近年来，我国政府制定了一系列工业互联网安全政策文件，加快工业互联网安全建设，工业

互联网安全防护体系建设取得显著成果。2019 年，工业和信息化部等十部委联合发布《加强工业互联网安全工作的指导意见》，从国家层面统筹推进工业互联网安全保障体系建设。工信部发布《工业互联网安全标准体系框架》，在汽车、电子、航空、航天等重点行业加快推进标准应用。工业互联网技术手段建设加速，国家工业互联网安全态势感知与风险预警平台正式启动运行，实现国家层面工业互联网风险实时监测、动态感知、快速预警能力。网络安全企业也在加强与工业企业的需求对接，未来技术产品方案将更好满足工业生产的连续性、可靠性要求，并平衡安全风险和业务影响。

（四）以应用赋能为牵引，全面渗透、融合创新的市场需求不断释放

1.智慧化生活应用创新不止

全球智慧生活应用发展迅猛。全球智慧生活领域应用创新较为活跃，技术含量较高。**VR/AR 游戏方面，**2020 年全球 VR/AR 销售额将达 188 亿美元，消费者支出以 VR 游戏和 VR 观影为主导。如 Steam 公司依靠平台优势占据 VR 游戏主导地位，硬件厂商开始改造自身 VR 设备支持 Steam VR。爆款游戏《Beat Saber》和《Half-Life: Alyx》为 Steam 吸引了大量 VR 用户。**移动医疗方面，**远程医疗将向实时交互、资源管理、多重任务处理以及人工智能等方向发展，将更具个性化、智能化、安全化特点。随着 5G 深度覆盖与人工智能技术的成熟，远程手术等远程操控类应用有望得到更广泛应用。疫情期间，发达国家提供了多种形式远程医疗服务。英国远程医疗服务占比从疫情前的

约 10%猛增至 75%，翻了 7 倍。法国企业“KineQuantum”将术后恢复以及物理治疗等以 3D 和虚拟现实游戏的方式传输到移动端，远程指导患者操作。

我国智慧生活应用加速落地。我国互联网应用创新走在世界前列，市场空间广阔。**超高清视频方面，**在高速率、低时延网络的支持下，超高清视频和 VR/AR 等媒体娱乐应用发展空间广阔，从三大电信运营商在 2019 年春晚、国庆阅兵和 2020 年两会中进行了 4K/8K 超高清电视直播，到火神山、雷神山医院建设的全民“云监工”，再到各类活动的无人机实时高清图片传播，一系列围绕重大活动赛事的 4K/8K 直播试验加速落地，有望推动超高清视频应用的规模化普及，预计 2022 年超高清视频用户数将达到 2 亿。**教育方面，**宽带网络的广泛普及推动我国在线教育用户规模不断壮大，截至 2020 年 3 月，在线教育用户规模达 4.23 亿，占网民整体的 46.8%。受新冠肺炎疫情影响，全国大中小学开学推迟，教学活动转移至线上，一批在线教育新软件新服务集中爆发，VIPKID、腾讯课堂、学而思网校等在线课堂井喷发展，全面助力“停课不停学”，传统线下教育在疫情催化下大规模往线上迁移，激发新一轮教育市场需求增长。

2.产业数字化加速向纵深发展

全球智能制造实力突飞猛进。在技术创新、产业政策和人口逐渐老龄化等多重因素驱动下，工业智能化升级需求日益强烈，智能制造增长空间巨大。**智能工厂是智能制造的典型场景之一，**全球众多优秀制造企业都开展了智能工厂建设实践。德国西门子安贝格电子工厂实

现了多品种工控机的混线生产；日本FANUC公司利用自动化立体仓库在车间内的各个智能制造单元之间传递物料，实现了最高720小时无人值守；美国哈雷戴维森公司广泛利用以加工中心和机器人构成的智能制造单元，实现大批量定制。面向行业的服务供给成为新的方向，如达索将工程设计、仿真、全生命周期管理、制造执行环节等工业软件，整合到3Dexperience平台上，形成覆盖行业全部场景的一体化服务支撑能力。

我国产业转型升级步伐加快。智能制造方面，预计未来几年我国智能制造行业将保持10%左右的年均复合增速，到2024年行业市场规模将突破3万亿元。我国涌现出海尔、美的、东莞劲胜、尚品宅配等智能工厂建设的样板。新型基础设施与智能工厂的结合，将进一步加速智能制造落地应用。如，三一重工的18号厂房有混凝土机械、路面机械、港口机械等多条装配线，通过在生产车间建立“部件工作中心岛”，即单元化生产，将每一类部件从生产到下线所有工艺集中在一个区域内，实现了减少占地面积、提高生产效率、降低运行成本的目的。**农业数字化方面，**北斗导航、无人驾驶、5G、云计算等新技术逐渐被推广应用于农业生产，有效变革生产组织方式和管理理念，使农业生产越来越智能和高效。广州一些农场率先开启了“5G稻田”，“农田数据采集站”可监测光照度、土壤酸碱度和肥力等数据，经5G实时传输到终端，通过云计算处理和大数据分析自动生成稻田“体检报告”，协助农户对稻田长势进行科学判断、科学种植。

3.数字化治理能力更加精准高效

全球积极探索智能时代的社会治理。人工智能伦理方面，欧盟、新加坡等为代表的发达国家倡导可信 AI，遵循以人为本的基本理念，加强重点规制数据和算法决策、强调多方合作的重要性、加强行业自律。国际标准组织积极开展人工智能伦理标准的研究，IEEE 发布《人工智能涉及的伦理准则》，国际化标准组织 ISO 成立人工智能可信研究组。**区块链应用方面，**各国加快区块链在各行各业的应用。美国发布“数字美元计划”，在美国和墨西哥之间构建庞大的汇款通道，预计未来将会基于这些用例对数字美元独立组件进行测试。法国兴业银行建立“内部私人区块链”，测试了代币化债券以及通过法国央行发行的数字欧元进行结算。

我国大数据治理体系逐步完善。智慧城市建设驶入快车道，中国智慧城市经历了十多年的发展，正在从过去以垂直服务为主导的传统智慧城市建设，逐步转变为以整体数字空间为载体的新型智慧城市建设。我国已形成长三角、珠三角等多个智慧城市群，截至今年 4 月初，住建部公布的智慧城市试点数量已经达到 290 个。智慧城市市场规模不断扩大，2018 年至 2022 年的年均复合增长率约为 33.4%，预计 2022 年市场规模达到 25 万亿元。**社会安防体系逐步加强，**“雪亮工程”是“互联网+”环境下加强和创新社会治安防控体系的建设的重要途径。在新一代信息网络基础设施支撑下，雪亮工程建设市场需求规模快速增长，每个地级行政区的建设平均规模在亿元级别以上，“雪亮工程”的市场需求在 330 亿以上。目前全国多个地方已完成上千路视频结构化分析、人脸识别布控等智能化应用，通过智能门禁、人脸识别、车

辆道闸等为居民出行居住等提供智能化服务。

四、多措并举，持续推进我国宽带设施建设走深走实

数字化、网络化、智能化已成为经济社会发展的大趋势。各国普遍将新型宽带设施作为构筑国际竞争新优势的关键领域，纷纷加快千兆固网、5G 网络、云计算、边缘计算等战略布局。我国新型宽带设施建设具有良好的政策环境、较完备的技术产业体系、广阔的应用空间和庞大的用户基础等多方面优势和条件，发展动力充足。但同时，机遇与挑战并存，我国新型宽带设施尚处在起步期、成长期，仍面临关键核心技术受制于人、投资建设规划和标准不统一、恶性竞争削弱投资动力、数据治理规则缺失、融合人才不足、区域发展不均衡导致的数字鸿沟和数字普惠等新老问题交织叠加挑战。面向“十四五”规划部署和网络强国建设要求，应聚焦经济社会数字化转型的巨大需求，着力统筹好、建设好、应用好、保障好新型宽带设施，为我国经济高质量发展提供坚实根基和关键支撑。

（一）夯实网络和计算设施建设

一是加快建设高速移动、泛在感知的网络设施。加快 5G 网络全面部署，分步骤向交通沿线、精准农业、农村居住区等场景延伸，提升 5G 室内覆盖建设进度。推广升级千兆光纤网络，扩大千兆光纤宽带覆盖范围。持续提升骨干网络性能和效率。加强感知设施共建共享，数据互联网互通。进一步促进物联网国家标准、行业标准、企业标准的协调发展。在一些重点领域开展基于 5G+物联网的试点示范，形成一批可复制的经验并积极推广。**二是大力发展新型智能计算和存储设**

施。完善数据中心分区分类划分标准，结合业务需求差异优化布局，持续提高数据中心绿色节能水平。加强大型云计算数据中心、边缘计算数据中心的统筹规划建设，加快构建以数据中心为核心的骨干网络架构，推动集成深度学习、人机协同、跨域集成等功能的人工智能基础设施发展。着力推进云边协同的计算基础设施建设，探索边缘计算在工业互联网、智慧城市等场景的落地实践。**此外**，积极推动区块链的基础设施建设，加快区块链技术创新研发和创新示范区打造，推进区块链在重点行业和领域落地应用。

（二）加快融合基础设施创新发展

一是打造人机物全面互联的工业互联网。加快建设工业互联网企业外网，大力推进工业企业建设或改造企业内网。持续推动工业互联网标识解析体系建设，支持建设跨行业跨领域、特定行业、特定区域、特定场景的工业互联网平台，培育一批独立经营的企业级平台。**二是稳步推进传统基础设施的数字化改造升级**。**在智慧交通方面**，从发达地区开展试点示范，逐步扩展智能化道路基础设施规划建设，加快推进基于 C-V2X 技术的车联网设施部署，积极推广人工智能、5G、感知设施在智慧港口、智慧机场建设中的应用，推动设备智能化升级。**在智慧能源方面**，重点加快电力物联网建设，利用新一代信息技术，综合开展智能感知与诊断、自主智能调控等多元服务，构建能源系统智能化运营体系。加快智能充电基础设施建设，完善电动汽车充电基础设施体系。**在智慧城市方面**，应统筹规划多功能信息杆柱建设，构建城市统一杆塔信息平台，探索建立杆塔资源共建共享和有偿使用制

度。积极推动智慧管网（廊）建设，统筹部署或预埋环境感知、状态监测、信号传输、运行控制等各类数字化设施，建设支撑管网、管廊智能检修设备的综合运营平台。

（三）优化技术产业生态布局

一是加强新一代光通信、6G、卫星互联网、时间敏感网络等前沿信息通信技术研发，构建算力基础设施核心技术体系，促进终端、网络、计算等领域关键技术创新和产业突破，发展拥有核心竞争力的技术平台，构建创新型生态。加强产业链上下游企业合作，共同开展测试和产品开发，推进产业规模化发展。**二是加强物联网、工业互联网、车联网、算力与数据基础设施等领域关键核心技术的研发和产品研制，**推进人工智能、数字孪生、深度学习、增强现实、虚拟现实、区块链等新兴前沿技术与传统行业的深度融合和应用推广。**三是加强ICT 基础技术标准的研发，**增强标准的国际影响力，加强与相关国际组织对话及战略合作，共同制定标准规范和国际规则。

（四）壮大经济社会应用场景

一是加快新型业态培育。发挥宽带基础设施的连接和计算能力，大力发展 AR/VR、高清视频、智能硬件等新产品。拓展远程办公、视频会议、无接触配送、直播零售等无接触经济和线上线下融合经济，不断扩大信息消费新业态。支持宽带基础设施在公共服务领域的大规模商业化应用，培育智慧城市、远程教育、在线医疗、人工智能辅助诊断等数字公共服务新模式。**二是推广工业互联网创新应用，**通过开展试点示范、推进示范基地和园区建设等方式，引导形成一批可复制、

可推广的最佳实践案例。鼓励企业立足行业需求开展应用创新和商业模式创新，支持向同类相关企业的复制推广。**三是拓展传统领域数字化应用**，构建“人-车-路-云”协同的智慧交通体系，推进车联网示范应用，促进跨部门协同，加快 C-V2X 商业化进程,实现新的产业集聚。推动新型基础设施与制造、能源、交通、农业等实体经济各领域的融合发展，做大做强数字经济。

（五）营造良好政策支持环境

一是创新投融资方式。丰富资金投入渠道，根据投资规模、建设周期、营利性、技术创新性等特点，灵活选取政府引导基金、PPP 模式、社会投资、私募股权基金等多种资金投入模式。**二是优化营商环境**。营造良好市场环境，深化体制机制改革，加快各项制度创新，深入推进“放管服”改革，不断提升改革实效和发展活力。通过放宽市场准入、营造公平竞争环境等，鼓励更多民间资本参与宽带基础设施的投资建设，形成多元主体共同参与、合作共赢的新局面。**三是加快完善数字治理体系**。建设数据安全制度，制定统一数据标准，建设公共数据资源池，推进数据资源共享和开放，形成数据有序流动。**四是加强新领域人才培育**。构建跨 ICT 与传统领域的复合型人才联合培养机制，在“新工科”建设中加强对云计算、工业互联网等新领域人才培养，加强高效科研机制企业联动人才需求精准对接，培养技术型、融合型的高端人才和善于使用新型网络设施的“新工匠”人才。

中国信息通信研究院

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮政编码：100191

联系电话：010-62302667

传真：010-62304980

网址：www.caict.ac.cn

